

GPS 相对测量技术在水土保持中的应用*

焦 锋 张晓萍 李 锐 李壁成

(中国科学院 水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
(水利部)

摘 要 介绍了相对定位方法、软硬件及仪器设备,结合在陕北安塞县大南沟的实测体会及测量结果分析,详细讨论了 GPS 定位技术在黄土丘陵沟壑区小流域水土流失监测中的独特优越性,并对实测中 GPS 在实时定位时所暴露出的问题及其原因进行了初步探讨。测量结果分析表明:GPS 相对定位测量坡面定位精度可达毫米级。但在沟谷内等地形狭窄的地方,信号较弱,卫星失锁现象严重, GPS 定位精度较差,其应用受到限制。

中图分类号: P228, S157

关键词: GPS 相对定位 黄土高原 水土保持

Application of GPS in Soil and Water Conservation

Jiao Feng Zhang Xiaoping Li Rui Li Bicheng

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District, Shaanxi Province, 712100, PRC)

Abstract The methods of relative positioning, software and instruments etc. on GPS were briefly introduced, and the advantages and disadvantages on GPS position in the loess hilly area were discussed in detail on the basis of the field experiences on GPS position and an analyses on survey data in Ansai county, Shaanxi province of China. The results show that the survey precision of GPS is as high as 0.1 mm on the hillslope, and is poor in the gully because of the sudden negative landform there.

Keywords GPS; relative positioning; loess hilly areas; soil and water conservation

GPS (Globe Positioning System) 是近 30 a 才发展起来的一项空间定位技术。GPS 以其全球性、全天候和连续的精密三维定位能力,以及良好的抗干扰性和保密性,被广泛地应用到经济、军事和科技领域,尤其对传统的测量方法和技术产生了极其深刻的影响。与传统的测量方法相比, GPS 具有定位精度高,定位迅速,费用低和全天候作业以及重量轻、操作方便等优点,此外, GPS 测量还具有全球统一的坐标和授时系统,从而为 GPS 的推广应用,以及科学研究和生产活动的开展提供了极大的方便。

1 GPS 测量条件的选择

本次实测是在安塞县大南沟用 4 台 Wild200 型双频 GPS 接收机以及 1 台 Tachymeter 全站仪来完成。

1.1 测区条件

大南沟位于陕北安塞县城北 7.5 km 处,属典型的梁峁丘陵区,流域面积约 3.6 km²,海拔 1100~1372 m。主沟道长约 2.7 km,上下游河床比降为 100 m。沟谷侵蚀发育,地形破碎,沟

壑密度达 $6.9 \text{ km}^2/\text{km}^2$;地势起伏率和坡度都很大,沟谷到梁峁顶高差多在 $100\sim 200 \text{ m}$ 之间,沟峁频繁相间,土壤侵蚀强烈;沟缘线至峁顶高差多在 $30\sim 50 \text{ m}$,地势相对比较平缓开阔。

1.2 测量仪器

(1) 主测仪器为 Wild200型双频 GPS接收机 4台套,包括: SR261传感器 (4台)和 CR333 (2台)、CR334(2台) GPS控制器 (共 4台)及其所属附件,每台套重量约 6 kg 左右,直流电源,相对定位精度: $5 \text{ mm} + 1 \text{ mg}/\text{kg} \times D$; RTK $10 \text{ mm} + 2 \text{ mg}/\text{kg} \times D$ 。

(2) 辅测仪器为 Tacymeter 全站仪一台及其所属附件。

1.3 应用软件

Leica SKI/Date Processing Version 2.1是 Wild200型 GPS测量系统的专用处理软件包括,主要功能有: 系统配置数据管理、数据调阅、平差处理、坐标系统转换、数据标准格式化的相互转换以及自动成图等,此外,该系统还可按用户的要求将 GPS测量结果换算到用户需要的区域性坐标系统中去。

2 GPS测量的实施与数据处理

2.1 测量的方法

在大南沟沟掌 1地形开阔处 (1农户家里)安置 1台 GPS接收机作为基准站,连续跟踪观测所有可见卫星,其余 3台接收机处于流动状态,根据不同的要求和地形条件,主要选择两种作业方法 (1) 准动态相对定位法 (Ansaï stop and go,图 1) 流动站与基准站相距 (15 km 流动站先在起始点静止观测 10 min 左右(每间隔 4 s 自动观测 1 次,观测 150 次),在连续跟踪所有可见卫星的情况下,依此迁到各流动站各观测 10 s 多 (4 次),观测时必须

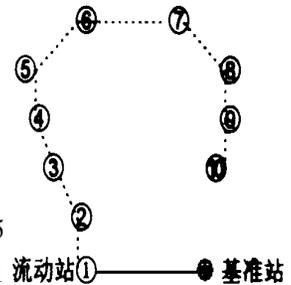


图 1 准动态定位

须有至少 4 颗卫星可供观测,如果发生失锁 (少于 4 颗卫星时),需在失锁点重新观测 10 min ,定位精度 $1\sim 2 \text{ cm}$ (2) 动态相对定位法 (Ansaï kins,图 2)。流动站与基准站相距 (15 km)。

2.2 测量的实施

流动站在起始点静止观测 10 min ,然后从起始点开始,流动站在运动过程中,按预先设定的时间间隔自动观测,观测时段上必须保持至少 4 颗卫星跟踪,定位精度 (相对基准点)可达 $1\sim 2 \text{ cm}$ 按照相对定位的 2 种方法,我们设计了测量的路线 首先用准动态相对定位方法对主沟道和分水岭实施定位测量,

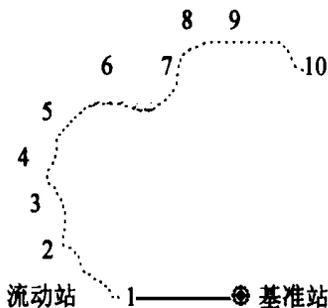


图 2 动态定位

并将处理结果作为控制网使用,然后用动态相对定位法沿坡面和支沟进行定位观测 此外,为了检核 GPS的定位精度并弥补 GPS测量中的不足,用全站仪对部分测量结果进行检核,并对部分支沟进行实测。

2.3 结果分析

数据处理全部在 WGS-84地固坐标系中利用 Leica SKI数据处理软件来完成,测量结果分别列于表 1,表 2和表 3中。在实测中,采用 GPS相对定位观测,坡面测量的定位精度一般都在厘米级上,甚至可达毫米级,其几何精度因子 GDOP一般都在 $2\sim 6$ 之间,定位精度较高;但在沟道测量中,其定位精度有的超过分米级甚至米级,几何精度因子 GDOP也超过了 7

表 1 GPS定位精度分析 m

点号	W_x	W_y	合格否	W_z	合格否
*	< 0.02	< 0.02	合格	< 0.02	合格
*	< 0.02	> 0.02	不合格	< 0.02	合格
*	> 0.02	< 0.02	不合格	< 0.02	合格
*	< 0.02	< 0.02	合格	> 0.02	不合格
*	> 0.02	> 0.02	不合格	> 0.02	不合格

注: Code为点号; X, Y, Z 为点位的水平和高度坐标;

$\delta_x, \delta_y, \delta_z$ 为点位精度;精度指标为 $\delta_x, \delta_y, \delta_z < 0.02$

有的甚至达到 10,定位精度较差。当然这还不能满足黄土高原小流域侵蚀动态监测对精度方面的要求,造成这种精度差异的主要原因除了仪器本身的原因外,还有一个重要的原因与黄土高原地面开阔度对 GPS接收机接收卫星信号强弱有关。但用全站仪进行修测和补测,其定位精度会有较好改善。

3 结 论

GPS相对定位测量为黄土高原丘陵沟壑区小流域和重点区域开展滑坡、泥石流及重力侵蚀的动态监测研究提供了大量可行性信息和依据,特别是在小流域水土流失快速调查中, GPS可以发挥其速度快、精度高和机动灵活及方便实用的独特优越性,可以对侵蚀区的不同地形部位和不同利用方式进行监测,为分析调查区域内的土壤侵蚀强度、沟谷发育程度以及产沙数量和来源等提供精确信息。

表 2 GPS测量的大地坐标

点号	N	E	H/m
@# 00000136 55 08. 496821109 16 47. 930223 1146. 5945			
@# 00000236 55 07. 843199109 16 49. 680068 1146. 2189			
∴ ∴ ∴ ∴			
@# 10002836 55 05. 699323109 16 41. 205019 1173. 7951			
@# 01002936 55 06. 033337109 16 41. 770773 1171. 7951			
∴ ∴ ∴ ∴			
@# 01117536 55 01. 224677109 17 43. 669500 945. 6164			
@# 01117636 55 00. 878155109 17 44. 191206 989. 7393			
∴ ∴ ∴ ∴			
@# 0551 36 54 53. 643221109 16 26. 255165 1261. 3092			
@# 0552 36 54 53. 825581109 16 26. 039693 1259. 9017			
∴ ∴ ∴ ∴			

表 3 GPS测量的平面直角坐标 m

点号	X	Y	Z
@# 1000 - 1686056. 4486 4820016. 2327 810776. 2044			
@# 1001 - 1686096. 1048 4820173. 5575 810437. 1494			
∴ ∴ ∴ ∴			
@# A2 - 1686098. 6396 4820196. 7240 3810416. 2702			
@# A2 - 1686103. 6013 4820202. 4041 3810411. 2725			
∴ ∴ ∴ ∴			
@# B1 - 1686262. 6995 4820024. 6699 3810617. 6427			
@# B2 - 1686235. 4471 4820035. 5283 3810597. 6711			
∴ ∴ ∴ ∴			
@# I1 - 1685338. 2249 4820243. 7664 3810872. 4650			
@# I2 - 1685362. 5392 4820199. 0809 3810936. 8857			
∴ ∴ ∴ ∴			

注:表 2和表 3分别为 GPS部分测量结果在大地球面坐标系和平面直角坐标系中的坐标(测量原始文件)。其中, N, E, H 分别为大地球面坐标系中的北纬、东经和高程坐标, X, Y, Z 分别为平面直角坐标系中的横轴、纵轴和竖轴坐标。

在实测中,我们也发现了一些问题,可以作为今后 GPS工作中的一点借鉴:(1)黄土高原地形复杂,梁峁坡面开阔, GPS观测到的卫星多、分布良好、信号清晰,定位速度快且精度较高;而在沟道等地形狭窄区域, GPS观测到的卫星少、分布差、信号不稳定,且容易发生卫星失锁现象,定位速度慢且精度低;在一些坡度极陡,人又难以到达的地方,难以进行作业,也使 GPS测量在黄土高原的应用受到限制。(2)但是,利用 GPS与地面常规测量或其它测量方法进行联测(例如 GPS与全站仪联测),不但可以使定位精度得到相对改善,而且还可以弥补 GPS在实测中的不足。

参考文献

- 周忠谟,易杰军. GPS卫星测量原理与应用.北京:测绘出版社,1992
- 李壁成.小流域水土流失与综合治理遥感监测.北京:科学出版社,1995
- 李壁成,焦锋.遥感技术发展新动态及在土壤侵蚀监测中应用的探讨.水土保持通报,1995,15(2): 44-46